

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

S/n 10/731, 746
Aut unit 2622

(11)Publication number : 06-028468

(43)Date of publication of application : 04.02.1994

(51)Int.Cl.

G06F 15/68
H04N 1/00
H04N 1/40

(21)Application number : 05-077867

(71)Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH
CORP <IBM>

(22)Date of filing : 05.04.1993

(72)Inventor : EDGAR ALBERT D

(30)Priority

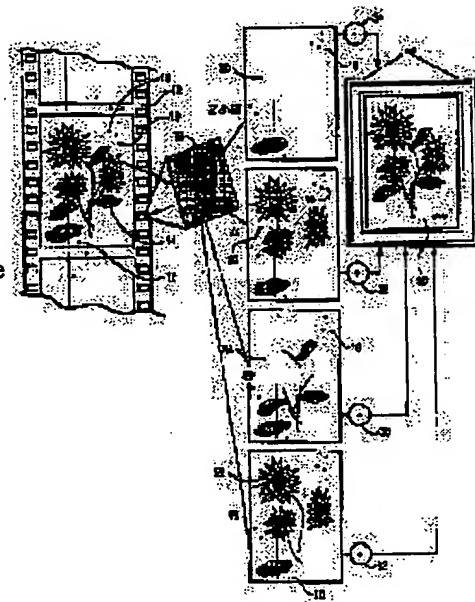
Priority number : 92 878587 Priority date : 05.05.1992 Priority country : US

(54) METHOD AND DEVICE FOR CORRECTING INFLUENCE OF DEFECT OF STORAGE MEDIUM

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a system and method which compensate influence of a recording medium 12 like a film upon picture data 14 retrieved from the recording medium.

CONSTITUTION: Red light 22, green light 24, blue light 26, and infrared light 20 successively pass the film 12 having an exposed picture and reach a system where corresponding pictures are acquired. The infrared picture maps the position, the boundary, and the intensity of a defect 16 of the medium. This map is used in combination with other acquired pictures to obtain a picture 36, which is not affected by the defect of the film, from the film. The influence of the defect is separated from red, green, and blue spectrums by, for example, the operation which separates infrared picture data in each picture element. If the defect practically hinders passage of infrared light, the infrared picture map of the defect is used together with an automatic interpolation algorithm which is used more effectively to accurately detect the boundary of the defect.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.06.1993

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-28468

(43)公開日 平成6年(1994)2月4日

(51)Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/68	3 5 0	9191-5L		
H 0 4 N 1/00		G 7046-5C		
1/40	1 0 1 C	9068-5C		

審査請求 有 請求項の数12(全 15 頁)

(21)出願番号 特願平5-77867

(22)出願日 平成5年(1993)4月5日

(31)優先権主張番号 878587

(32)優先日 1992年5月5日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州

アーモンク (番地なし)

(72)発明者 アルバート・ゲー・エドガー

アメリカ合衆国78727、テキサス州オース

チン、イートン・レーン 3912

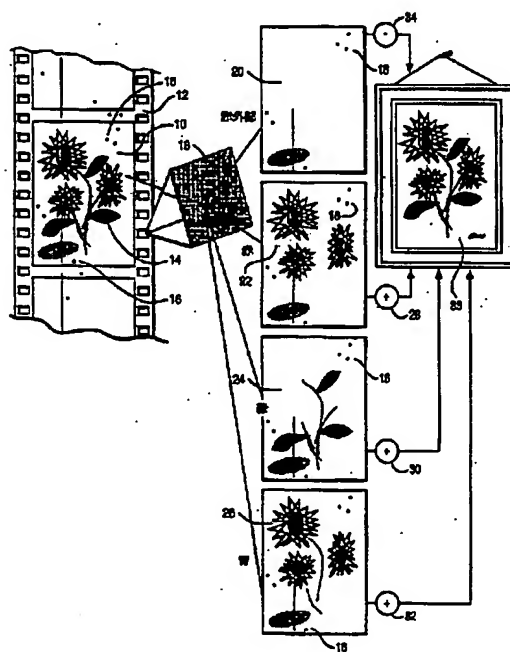
(74)代理人 弁理士 頓宮 孝一 (外4名)

(54)【発明の名称】 画像に対する記憶媒体欠陥の影響を補正する方法および装置

(57)【要約】

【目的】 フィルム等の記録媒体(12)から検索される画像データ(14)に対する記録媒体の影響を補償するためのシステムおよび方法を提供すること。

【構成】 赤色(22)、緑色(24)、青色(26)および赤外光(20)が、露光画像を有するフィルム(12)を順次通過して、対応する画像を捕捉するシステムに達する。赤外線画像は媒体の欠陥(16)の位置、境界および強度をマップする。このマップを他の捕捉画像と組み合わせて使うと、フィルムからフィルムの欠陥の影響のない画像(36)が得られる。一実施例では、画素毎に赤外線画像データを分離する操作で、赤色、緑色および青色スペクトルから欠陥の影響を分離する。欠陥が赤外光の通過を実質的に妨げるもう1つの実施例では、欠陥の赤外画像マップを、欠陥の境界が正確に知られるために一層効果的に使用される自動補間アルゴリズムと共に使用する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】記憶媒体に記憶された画像に対する記憶媒体欠陥の影響を補正する際に使用する方法であって、赤外線エネルギーを上記媒体に当てるステップと、上記欠陥に対応する、上記の当てた赤外線エネルギーから得られる上記媒体からのエネルギーを検出するステップと、

上記の検出したエネルギーから上記欠陥をマップするステップとを含む方法。

【請求項2】上記の検出したエネルギーが赤外線スペクトル中にある、請求項1に記載の方法。

【請求項3】さらに、上記媒体から非赤外線エネルギーを検出するステップと、

上記の検出した赤外線エネルギーおよび非赤外線エネルギーから第2の画像を生成するステップとを含む請求項2に記載の方法。

【請求項4】記録媒体に記憶された画像に対する記憶媒体の欠陥の影響を補正する際に使用する装置であって、上記媒体に関する欠陥の指示を含む、上記媒体の赤外線画像を生成する手段と、

上記赤外線画像と上記記憶画像から第2の画像を生成する手段とを含む装置。

【請求項5】さらに、上記媒体からの非赤外線エネルギーを検出する手段を備え、

上記第2の画像を生成する上記手段が、上記赤外線画像と、上記媒体からの上記の検出された非赤外線エネルギーとから上記第2の画像を生成する手段を含む、

請求項4に記載の装置。

【請求項6】さらに、赤外線エネルギーを上記媒体に当てる手段を備え、

赤外線画像を生成する上記手段が、上記赤外線エネルギーの上記媒体からの部分に応答して上記赤外線画像を生成する、請求項5に記載の装置。

【請求項7】さらに、電磁スペクトルの可視部からのエネルギーを上記媒体に当てる手段を備え、

非赤外線エネルギーを検出する上記手段が、上記電磁スペクトルの上記可視部からのエネルギーを当てる上記手段に応答して、上記媒体からの上記電磁スペクトルの上記可視部からのエネルギーを検出する手段を含む、

請求項6に記載の装置。

【請求項8】上記第2の画像を生成する上記手段が、さらに赤外線および非赤外線エネルギーを検出する手段を含み、かつ上記媒体から複数の非赤外線画像を生成する手段を含み、

上記第2の画像が上記赤外線画像と上記複数の非赤外線画像の組合せである、請求項4に記載の装置。

【請求項9】上記複数の非赤外線画像を生成する上記手段が、電磁スペクトルの赤色、緑色および青色部分から画像を生成する手段を含む、請求項8に記載の装置。

【請求項10】上記欠陥が、上記赤外線エネルギーの透

2

過を実質的に妨げる第1の部分と、

上記赤外線エネルギーの透過を部分的に妨げるだけの第2の部分とから成る、請求項4に記載の装置。

【請求項11】上記赤外線画像が、上記欠陥によって減衰された上記赤外線エネルギーの測定値と関数関係にあり、

上記第2の画像を生成する上記手段が、上記測定値に応答して上記複数の非赤外線画像を調節する手段を含む、請求項8に記載の装置。

【請求項12】上記赤外線画像および上記第2の画像が、対応する第1および第2の複数の画素から成り、上記調節手段が、さらに上記第1の複数の画素のうちの各画素について、上記画素の赤外値と関数関係にある数を発生する手段と、

上記第2の複数の画素のうちの各画素について、上記第2の複数の画素のうちの上記画素の大きさに、上記第1の複数の画素のうちの1つの画素に対応する上記の数を乗じる手段を含む、

請求項11に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は画像の品質向上および回復に関し、さらに具体的には、記憶媒体に記憶された画像に対する記憶媒体の欠陥の影響を補償するシステムおよび方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】物体の最初の画像がフィルム上に捕捉されて以来、画像捕捉および再生の分野で今日まである深刻な問題が悩みの種となっていた。すなわち、記録媒体自体の欠陥が、捕捉しようとする原画像を歪めかつ不明瞭にするという問題である。これらの欠陥は、塵、かき傷、指紋、汚れ等を含めて無数の形で発生する。陰画を保護するために使用される保管用ポリプロピレン・スリーブさえ、陰画をスリーブから引き出すときおよびスリーブに戻すとき、表面に細い傷を残して問題の一因となっている。

【0003】この問題は、透明陽画よりも陰画の方が深刻である。というのは、第1に、陰画を見るには2よりも大きな利得比ガンマを必要とし、第2に、フィルム・ストリップは、表装された透明陽画よりも触れ易いからである。そのような欠陥は、表面が波打った新しい写真フィルムにさえ存在することがあり、さらに、例えば、軽いちりめんじわを生じる不適切な処理および未漂白の銀から生じることもある。そのような非画像欠陥は表面に関係するだけでなく、例えば、フィルム自体の内部で乳剤中の微小気泡によって引き起こされる可能性さえある。

【0004】当技術分野では、この問題に対処しようとして、特に捕捉された高解像度画像に関して非常に多くの手段が開発されてきた。1つの手法は、例えば、現像

工程自体におけるような防止手段であった。塵を引きつける電荷を中和するための噴霧機を含む高価な帯電防止装置を、例えば、評判のよい現像・焼付・引伸業者が使用している。現像・焼付・引伸業者はまた、現像・焼付・引伸工程で欠陥による光の屈折効果を軽減するのに役立つ拡散光源引伸し機の使用を試みた。

【0005】この問題を扱うもう1つの方法は、それらの欠陥が出現した後に、種々の補正技術によって欠陥の影響を最小にしようとするものであったが、その大部分は手作業であり、したがって非常に労働集約的でコストが高かった。一例として、現像・焼付・引伸工程中、熟練者が種々のスポット染料と非常に小さなスポット・ブラシを使って長時間かけて欠陥を基本的に塗りつぶしていた。もう1つの技術は、陰画を拭うか、または軽油中に浸してかき傷を光学的に埋めようとするものであった。

【0006】塵、かき傷等の問題はレコードの使用および人気の低落の大きな原因であった。映画産業も、この問題が同様にアナログ画像の長期的将来を危うくするかも知れないと心配している。問題を解決するために大きな努力が払われてきたにもかかわらず、例え何を行っても問題は残るように思われた。引伸しおよび高解像度走査については特にそうである。したがって、解像度が上り、コンピュータ・アプリケーションのためのフィルム走査の増大と共にマルチメディアが注目を集めるに従って、問題は一層深刻になり、かつ一層認識されるようになってきている。

【0007】技術が発展するにつれ、特にデジタル画像システムに関して、補正工程を自動化しようとする種々の試みが行われた。そのようなシステムでは、欠陥が検出された後、欠陥位置にある画像を補正するため、種々の「補間」アルゴリズムが開発されてきた。それにもかかわらず、主観的閾値で欠陥を検出するために発見的手法または人間の介入が必要であった。欠陥領域を検出するためにこうした主観的基準を使用するせいもあって、この方法で補正される識別領域は、本発明のもとで必要とされるよりもはるかに大きいのが普通であった。

【0008】ドイツ特許第2821868、0号に記載されているように、記録媒体の欠陥領域を均一に検出するための自動化された方法が実際に開発された。このシステムでは、赤外線エネルギー源をフィルム媒体に当てる。その後、フィルム表面からの赤外線エネルギーの反射をセンサで検出することにより、問題のフィルムの走査された赤外線画像が取り出された。しかし、このシステムには幾つかの制約があった。

【0009】第1に、その目的は、そのような検出されたフィルム欠陥の影響について、フィルム上に存在する画像を補正することではなかった。むしろこのシステムは、自動写真現像工程でこれらの欠陥の広がりを単に監視し、例えば、欠陥の割合が規定レベルを越えた場合に

工程を止めることができるようにするために実現された。さらに、赤外線画像は電磁スペクトルの可視部分からの他の画像に対して位置決めされなかった。このことだけでも、赤外線画像に認められた欠陥の影響を、画像の可視レコード内に存在し、目に見える同様な欠陥から排除することが非常に困難になるはずである。反対に、赤外線の光路は、赤外線源から画像処理に利用されない他のセンサに向う反射光路であった。

【0010】そのようなシステムは実際には、特に衛星写真および偵察技術において、例えば、画像の品質向上のため、各画像が電磁スペクトルの異なる端部に対応する同一光路に沿って対象物の画像を捕捉するために開発された。したがってこのようなシステムでは、1つのスペクトルの画像を同じ対象物の別のスペクトルからの画像に重ね合わせることができ、その後当該技術で周知の種々の画像処理アルゴリズムを用いることができる。例えば、赤外線マッピング・システムは、地表画像における二酸化炭素の赤外線スペクトルをそのスペクトルの別の部分に機能的に関係づけて、例えば農作物調査で地表の植生等に関する結論を引き出すことが可能であり、このような手法は十分に開発されてきた。しかし、これらのシステムはある意味で捕捉画像の品質を改善するものの、記録媒体自体に伴う欠陥を赤外スペクトル手段によって検出し、その後でそのような情報を使って媒体上に記憶された画像の品質を改善することはしない。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、読み取られるフィルム上に記憶された所望の画像から、塵、かき傷等の記憶媒体の物理的欠陥の影響を自動的に見えなくし、あるいは十分に軽減させることである。

【0012】本発明の他の目的は、記録媒体の欠陥の境界を正確に検出することである。

【0013】これらおよびその他の目的は本発明によって達成されるが、本発明に関する以下の説明は添付の図面を参照すると一層良く理解することができよう。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、記憶媒体から取り出した画像データに対する記憶媒体の影響を補償するために使用されるシステムおよび方法が提供される。後で媒体から取り出した画像中に望ましくない人工物を生じる、かき傷、起伏、汚れ、気泡等を表面に有するフィルム等の、非画像欠陥を含む記録媒体上に画像データが記憶される。

【0015】媒体に記憶された画像に対応する電磁スペクトルの赤色、緑色、青色および赤外線部分の別々の画像を媒体から得るための手段が提供される。

【0016】一実施例では、赤色、緑色、青色および赤外光を、光源およびカラー・フィルタ・ホイールを使ってフィルムの一方の面に順次当てる。フィルムを通過する光のその部分によって形成される、対応する連続した

5

赤色、緑色、青色および赤外線画像を、フィルムの反対面からデジタル的に捕捉する。これらの画像は、赤外線レコード内の幾つかの位置にある欠陥の影響を、赤色、緑色および青色画像内の対応する位置から取り除くのを容易にするため、位置合せして捕捉することが好ましい。欠陥は、赤外光を十分に減少させ、あるいは完全に遮断する。しかし、そのような欠陥のない所望の画像を有する媒体の残りの部分は、赤外線スペクトルに対してはほぼ均一な透過率を有するが、可視スペクトルでは、フィルム上に現象された画像によって決定される可変の透過率を有する。したがって、赤外線画像は、媒体上および媒体内のこれら非画像欠陥の空間的位置の指標またはマップとして働くことができ、そのため下にある基礎となる所望の画像の回復が可能になる。

【0017】完全な遮断が行われない場合は、欠陥が実質上無色である限り、欠陥に対応するフィルム上の既知の位置で媒体を通過する赤外線の減少量を利用して、これらの同じ位置における赤色、緑色および青色画像の強度を上げ、欠陥の影響を打ち消すことができる。一方、完全な遮断の場合は、赤外線レコードは、欠陥の位置および形状の正確なマップをもたらす、それに通常の補間アルゴリズムを適用する。

【0018】

【実施例】図1を参照して、まず本発明の理解を容易にするため、本発明に関連する現象を概略的に説明する。写真フィルム技術では、フィルムまたは透明陽画中の通常の染料は赤外線スペクトルを透過させるが、フィルム中の欠陥はそうではない。したがって、こうした物理的な非画像欠陥を有するそのようなフィルムから得られた赤外線画像は、こうした非染料欠陥の画像だけを含む。したがってこの赤外線画像からのこのような欠陥のマップを使用して、それらの影響を数学的に打ち消し、したがって、フィルムから取り出された所望の純粋な染料画像を得ることができる。

【0019】上述のように、塵、汚れ等の非常に多くの欠陥がフィルムに存在する。フィルムおよび透明陽画 (transparency) という用語は、本明細書では同義かつ広義に使用しており、陰画 (negatives) ならびに陽画 (positives) を含めて、光を通す画像記憶用の任意のフィルム媒体を含むが、それだけに限定されるものではない。そのような欠陥はほとんど常に無色 (colorless) であるという特徴があり、したがって、フィルムに保持された可視画像の赤色、緑色および青色成分と同様に赤外線スペクトルにも影響を及ぼす。様々な形の欠陥でそう言える。例えば、フィルム上の小さな表面かき傷は光を視路の外に屈折させるので、目に見える。この屈折は、波長とは実質的に無関係であるが、短波長光ではごくわずかに大きい。フィルム上の指紋および汚れは透明な油の付着であり、やはり屈折のために目に見えるようになる。同様に、乳液に含まれる気泡や不適切なフィ

6

ルム処理による軽いちりめんじわも、それ自体は事実上無色であるが、屈折により目に見える。塵は、フィルム媒体から取り出される画像の品質低下の一因となることが多いもう1つの外来性作用物質である。大部分の塵は同様に、1本のフィラメントとして見たときはほとんど透明であり、多数の繊維として見たときのみを有し、やはり主として屈折によって目に見える。同様に、金属の斑点は不透明であり、不透明な粒子は全ての色にほぼ等しい影響を与え、それらが存在する画素から、それらの大きさに比例するが波長にはほとんど無関係な、等しい割合で光を減少させる。上記のことから、本発明で企図する範囲を超える影響を画像から取り除くために追加処理が必要な、個別のフィラメントとして実質的に色のついた塵またはその他の粒状物質がフィルム上に見つかることは稀である。

【0020】フィルム欠陥がこのようにほぼ一般的に無色であるため、望ましくない欠陥を含むフィルムから赤外線スペクトルによる「塵」画像を得ることができ、この同じ画像を、やはりフィルムの同じ部分から得られた赤色、緑色および青色レコードに適用することができることが理解されるであろう。したがって、これらの欠陥は赤外線で見え、この単一の塵画像を赤色、緑色および青色の三色のレコードに適用することができる。詳しくは、屈折および偏向のわずかな色感度を補償するため、以下にさらに詳細に述べるように、塵画像を青色レコードにはわずかに大きな強度で適用し、赤色レコードにはわずかに小さな強度で適用することができる。

【0021】フィルム媒体に関連する大部分の欠陥は、そこを通る光をある程度減少させる。本発明の教示によれば、赤色、緑色および青色画像の間でこの減少量を割り振ることにより、フィルムから取り出したい画像に対する欠陥の影響をなくす。やはり以下に詳述するように、赤色、緑色および青色スペクトルに対する赤外線レコードのこの使用は、屈折および偏向に関連する上記の非線形性、異なるスペクトルに対するフィルム染料および光センサの感度の違い等により、各スペクトルを通して完全に均一ではない。これらの詳細については後でさらに説明するが、当面は、本発明を概略的に理解するため、基本的に赤外線レコードを使用して、赤色、緑色および青色スペクトルで欠陥の影響を均一に調節することを概念的に理解されたい。

【0022】フィルム媒体に関連する大部分の欠陥は、上述のように光をある程度減少させるが、欠陥が所望の画像の一部を完全に遮断することもある。そのような場合、本発明によれば、赤色、緑色および青色スペクトルに関する赤外マップを用いて欠陥の影響を「取り消す」ことができないときは、本発明では少なくとも、フィルムの種々の欠陥の正確な形および位置の非常に正確な検出を行って、当技術で周知のその他の補間アルゴリズムを使用できるようにする。それらの手法の大きな制約

50

は、そのようなアルゴリズムが欠陥を画像の細部と正確に区別できないことであった。したがって、人間の介在によって不正確になることが多い、欠陥の位置の発見的、主観的な識別により、画像の細部が失われることがよくあった。以下に述べるように、本発明によれば、欠陥が画像をほぼ遮蔽するこうした場合に、本明細書に記載するシステムおよび方法をそのような補間アルゴリズムと共に使って、自動的に欠陥を事実上見えなくすることができる。なぜならば、そうすれば、画像細部を必要に失うことなく、それらの欠陥の位置および境界が一層正確に識別されるからである。

【0023】図1は、上で考察した本発明の概略的原理を示す。通常のフィルム透明陽画12は、1個または複数のフレーム10を有し、フレーム10は、画像14と、フィルム12から純粋な画像14を取り出すことを妨げる塵、かき傷等、フィルム12に関連する前述の物理的欠陥16とを含む。本発明によれば、カラー・ホイール等の機構（概念的にプリズム18として示す）を使って、画像14と欠陥16から成る情報を、それぞれ電磁スペクトルの異なる部分に関連する複数の個別レコードに分離する。具体的には、フィルム12の赤外線20、赤色22、緑色24および青色26の画像を順に捕捉する。

【0024】まず赤外線の画像またはレコード20については、フィルム12上に現れる欠陥16のパターンを、赤外線レコード20に現れるパターンと比較すると、両者は空間位置がほぼ同じであることが明らかになる。先に指摘したように、フィルム12に付随するこれらの欠陥16はフィルム12を通る赤外線の透過を妨げ、したがってこれらの欠陥は赤外線レコード20上の位置16に現れる。フィルム12中の露光された種々の写真染料から生じる画像14を含む成分は赤外線画像20には現れないことも、赤外線画像20で認められよう。この理由は、やはり前述したように、これらの染料が、フィルム12を通過する赤外線を実質的に透過するからである。

【0025】次に残りの赤色、緑色および青色画像22～26については、これらの画像はそれぞれ、フレーム10の画像14のその可視スペクトルと関連する部分を選択し、記録することが理解されよう。例えば、緑色レコード24では、カラー画では一般に緑の色調を有するはずの、幾つかの葉が見える。しかし、画像14の残りの緑でない部分は、緑色レコード24には存在しないと予想される。これは当技術分野で周知の通常の色分解の例である。しかしこの場合も、赤色、緑色および青色画像22～26に現れる欠陥の位置を比較すると、それらの欠陥は、やはり元のフィルム12に現れるときの位置とほぼ同じ画像位置に空間的に位置することが明らかになる。さらに、これらの欠陥16は赤色、緑色および青色レコードの各々に現れ、やはり前述した上記欠陥1

6の特徴を実証している。すなわち、それらの欠陥は基本的に無色であり、したがってフィルム12を通る赤色、緑色および青色光の透過をほぼ等しく妨げる。

【0026】ここでこれらの4つのレコード20～26を比較すると、本発明の動作がはっきり理解できよう。欠陥16は4つのレコードの全てに（特に、普通なら欠陥16を持たない画像14の復元を妨げる、可視スペクトルのレコード中に）現れるが、所望の可視画像14は赤外線レコード20には全く現れないので、減色法を使って画像20～26から、欠陥16が大幅に減少または除去された新画像36として画像14を復元することができる。具体的には、加色法工程28、30、32、および減色法工程34で概念的に示すように、赤、緑、青の各画像を互いに加えると、改善された画像36が得られる。ただし、これらの可視画像22～26それぞれについて望ましくない欠陥16の赤外線画像または「マップ」を使って、（工程34に示すように）可視スペクトルにおける各レコード上のこれらの欠陥16の望ましくない影響を実質的に数学的に除去する。

【0027】差し当たり説明を簡単にするため、欠陥16が赤色、緑色および青色画像に（欠陥16の均一な透過率により）等しい強度の欠陥として現れる場合は、これらの物理的欠陥の正確な位置が（再生される所望の画像14からの情報を含まない）赤外線レコード20からわかるとすると、赤外線レコード20における欠陥16の位置を使って、赤色、緑色および青色レコードにおけるこれらの同じ正確な位置にある画素の露光または強度を赤外線強度まで均一に増大させて、改善された画像36を得ることができることを理解されたい。したがって、赤色、緑色および青色画像は（加算機能28～32に示すように）再結合されて画像36を生じるが、これらのレコードからはそれぞれ初めに（減算機能34に示すように）、赤外線レコード20および対応する赤色、緑色および青色画像22～26に現れる欠陥16の画素位置の強度が差し引かれている。

【0028】次に図2を参照すると、図1の必要な4つの画像20～26をフィルム12のフレーム10から捕捉し、その後上述の方法で必要に応じてそれらを再結合して、改善された画像36を得るための、代表的なシステムの概略図が示されている。プリズム18の概念的な作用は、図2に示す実施例では、複数の光フィルタ40、具体的には赤色、緑色、青色および赤外線フィルタを有するカラー・ホイール38で実現される。ランプ42等の光源がこれらの赤色、緑色、青色および赤外線スペクトルのそれぞれで光を発生する。フィルム12とランプ42の間に適当なカラー・フィルタ40をそれぞれ順に置くことにより、赤色、緑色、青色および赤外線スペクトルの光を順にフィルム12の所望のフレーム10に当ててフレーム10を透過させ、次に適当なカラー・カメラ42で捕捉してこうして発生されたビデオ信号4

6を適当なコンピュータ48に送ることができる。

【0029】順次カラー画像を発生する工程はもちろん、コンピュータ48から図2のシステムの画像発生要素に向う制御線44で概略的に示すように、自動化することができる。コンピュータ48および制御線44によって制御される機能は当技術分野では周知であり、本明細書では詳細に考察しない。そのような機能としては、カラー・ホイール38上の各カラー・フィルタ40の前進、所望の画像10へのフィルム12の前進を順序付けるための周辺装置への制御信号が含まれ、さらに所望のスペクトル応答に関するランプ42の強度の制御等のその他の制御機能も含まれる。キーボード52がコンピュータに対する通常のユーザ・インターフェースとなり、さらに必要に応じて種々の画像を見るためのカラー・モニタ50が設けられる。

【0030】次に図3を参照すると、コンピュータ48は、コンピュータ内のマイクロプロセッサ56とプログラム58および入出力アダプタ60との間の相互通信を行うためのシステム・バス54を通常の形で含むことができる。アダプタ60は、ビデオ捕捉カードの形を取ることができ、コンピュータ48に記憶されてコンピュータ48の作用を受ける。適当なデジタル化された画像データを発生するように、カメラ42およびモニタ50にインターフェース接続するために設けられている。例えば、使用される特定のシステムに依存する制御信号44を提供する際のように、必要に応じてさらにシステム制御およびインターフェースを提供するために追加のアダプタを設けることができる。コンピュータ48は、高解像度のデジタル画像に関連する大量のデータを記憶できる、何らかの形の大容量メモリを備えることが望ましく、そのような記憶装置は図3に画像ブロック62～66として概念的に示されている。ブロック62および64は、フレーム10から捕捉され、デジタル化された画素の形でメモリに記憶される赤色、緑色、青色および赤外線画像を概略的に表すものである。同様に、出力画像ブロック66は、コンピュータ48が本発明に従って入力画像62および64に作用した後でメモリに記憶された、再結合された可視画像36を機能的に表すものである。この出力画像66も、当技術分野で周知の方式で大容量メモリに記憶された、複数のデジタル化された画像画素の形を取ることが好ましい。

【0031】さらに図3を参照すると、プログラム58は、本明細書に記載の目的を実現するために所望の方式でマイクロプロセッサ56およびシステムのその他の構成要素を制御するのに必要なソフトウェアを表すものである。例えば、プログラム58の1構成要素は、所望の赤色、緑色、青色および赤外線画像を順に発生するのに必要な制御ソフトウェアでよい。したがってこのプログラム58の制御下にあるマイクロプロセッサ56は、必要とされる信号をシステム・バス54上に発生すること

ができ、これらの信号は、入出力アダプタ60に送られる。入出力アダプタ60は、必要に応じてデータ/アドレス/制御信号を含む適当な信号を線44および46上に置き、あるいはそのような信号を線44および46から受け取ることができる。プログラム58のもう1つの構成要素は、本明細書に述べるように画像の処理を実行するのに必要なステップを符号化することができる。

【0032】図2および図3に関して上述した諸機能を実施するための1つの代表的なコンピュータ化システムは、以下の構成要素を含むことになる。

【0033】ランプ、フィルタ・ホイール、フィルム・ホルダおよびカメラ・アセンブリが、ニコン社のフィルム・スキャナ、モデルLS3500に内蔵されている。スキャナは、赤外線走査中内蔵赤外線フィルタを外し、その代りにKodak Wratten 87C フィルタを挿入し、ランプの電圧が通常の12ボルトから5ボルトに下がるように修正してある。

【0034】コンピュータ、表示装置およびキーボードは、フィルム・スキャナとインターフェース接続するための、National Instruments社（米国テキサス州、オースチン）製のGPIBカードを含む、International Business Machines社製のものでよい。

【0035】一方、カメラ42は、Pulnix社のモクロームCCDカメラ、モデルTM34Kの、内蔵赤外線吸収フィルタを持たない特注品でよく、カラー・フィルタ40には、赤外線用の87Cおよびその他の位置用の標準色と、追加の赤外線吸収フィルタが含まれる。ホイール、ランプおよびフィルム・ホルダの配列は、当業者には明らかなはずである。

【0036】次に図4を参照して、プログラム58の、種々の画像を処理して所望の再結合画像36を得る際に欠陥16および赤外線画像20を補償する関連部分について説明する。赤色、緑色、青色および赤外線画像がデジタル化され、取り出せるように適切に記憶された後、矢印68で示すように、画素データを取り出すことにより画像処理が開始する。デジタル化され、フレーム10から捕捉された各画素は、実際には、それぞれ図1の赤色、緑色、青色および赤外線画像20～26と関連する、対応する赤色、緑色、青色および赤外線画素を含む。フレーム10内の同じ位置に対応するこれらの赤色、緑色、青色および赤外線画素はそれに関連する強度値を有し、これらの強度値はコンピュータの制御下でメモリに記憶され、メモリから取り出される。上記の特定の画素グループのそれぞれについて、判断ツリー78で示すように、対応する赤外線画素76の関連値を所定の閾値と比較する。この閾値は、後続の補償利得を、システム・ノイズが優越する点より下に制限されるように、実際のハードウェアのノイズおよび精度に基づいて選択される。この限度は概念上ラジオ受信機の自動利得制御（AGC）における限度と同じである。

【0037】この赤外線画素の値が所定値に等しくない場合は、この赤外線画素に関連する画素、およびフレーム10中の対応する位置が欠陥16のために不明瞭であると見なされ、ブロック84で、それらの画素に関してそのことが記録される。図2のシステムは、次に、対応する欠陥16がフィルム12上になかった場合に値がどれくらいになるかを一層正確に反映する、補正された推定値で赤色、緑色、青色および赤外線画素値をそれぞれ置き換えるため、適当な補間ルーチンを実行することができる。そのような補間ルーチンは当技術分野では周知であり、ステップ86で、隣接画素の値の検査等の種々の手法を使用して、不明瞭な画素の推定値を外挿する。

【0038】引き続き図4を参照すると、検査中の特定の赤外線画素の画素値が所定値のそれに等しいか、または越えた場合は、判断ツリーの分岐82をたどる。前述のように、プログラム58の制御下で、コンピュータ48はその後、ブロック90~94で、ブロック70~74で取り出された対応する赤色、緑色および青色画素値を、赤外線画素強度の値に機能的に関係する値で調節する。欠陥16は可視スペクトルでの透過率が一定のため、実質上、赤色、緑色および青色レコードで感知される不明瞭な領域として現れるので、欠陥に関連する領域がすぐ隣の画素のそのような領域と調和して、品質の改善された画像36でのこれら欠陥の感知を減少させるように、これらの強度を適当に強めなければならないことを想起されたい。赤色、緑色および青色値を、対応する画素の赤外値で「除算」する正確な数学演算の詳細については、後でさらに詳細に説明する。

【0039】赤色、緑色および青色画素がブロック90~94に基づく除算によって欠陥16の影響に関して補償され、あるいはブロック84で不明瞭とマークをされた後、不明瞭であるとマークされた画素について推定または補間手法（ブロック86）を用いることができる。次にブロック88でこのサブルーチンから出る。フレーム10のすべての捕捉画素について上記処理が完了すると、それぞれ図4の処理に従って必要に応じてこのように調節された当該画素の集まりから成る、赤色、緑色および青色デジタル化画像から成る出力可視画像レコード66（図3）がそれによって発生される。次にこれらの補正された赤色、緑色および青色画像がマイクロプロセッサ56の制御下でメモリからシステム・バス54上に選択的に回復され、その後入出力アダプタ60を介して適当な形で出力され、例えば、モニタ50内でそれらを結合して、欠陥16の視覚的悪影響のない所望の再結合された、品質の改善された画像36を表示できるようになる。

【0040】本発明の動作に関する概略的理解を行ったので、次にその重要な態様についてさらに詳細に説明する。実際の画像品質改善システムでは、理論的システムに対する妥協を迫る現実の世界の制約および非線形性に

関して、非常に多くの要素を考慮しなければならない。図5は、種々の周波数に対する染料および塵やかき傷等の欠陥の相対吸収量、ならびに画像捕捉センサおよび電荷結合素子（CCD）アレイ等のトランスデューサの相対感度を示す。縦軸は相対吸収率、またセンサの場合は感度の大きさであり、横軸はナノメートルで表した光の波長である。染料の色は2つの名前で表示されている。例えば、「赤/シアン」染料は赤色光を吸収する赤色感光層から形成されており、色はシアンに見える。

【0041】図5からいくつかの点に気づくであろう。まず、前述のように、塵等の欠陥16は約400~700ナノメートルの可視範囲から約700ナノメートル以上の赤外線スペクトルまではほぼ一定の光吸収を示す。したがって、これら欠陥の吸収を示すグラフは、参照番号92に示すようにほぼ平坦である。大部分の欠陥からの主な影響は屈折であり、波長が長くなると屈折率はわずかに低下するので、大部分の欠陥の影響は、図5に示すように、波長が長くなるとわずかに小さくなり、吸収曲線92はわずかに傾斜している。さらに、従来の技術の項で述べたように、顕微鏡検査で大きな「開口数（NA）」を有する光と呼ばれる、より拡散した拡散光も屈折による欠陥の影響を少なくする。したがって、赤色、特に赤外部で拡散が小さい、すなわちNAが小さくて、緑色、特に青色で拡散がわずかに大きい照明源を構成することにより、吸収曲線92の傾斜を取り除くことができる。

【0042】本発明は染料をベースとするフィルムに特に有用である。しかし、そのような染料に関連する特有の特性から、考慮すべき問題が生じる。例えば、図5を参照すると、これらの染料の1つの特徴は、ある種のシアン染料が赤外線をいくらか吸収することである。透明陽画で使用されるシアン染料は人間の視覚系に作用するように構成されており、したがって、透明陽画用赤色/シアン染料の応答曲線98に示すように、近赤外部でさえ急速に作用を開始することが可能である。一方、陰画で使用されるシアン染料は、一般にほぼ近赤外部にまで感度を有するシアン形成層を有する着色紙に作用し、したがって、これらの陰画用シアン染料が透明になるには赤外部にまでさらに入る必要がある。このことは、陰画用赤色/シアン染料のスペクトル応答曲線（参照番号100）で実証されている。

【0043】図5には、可視および赤外線スペクトルの両方で光画像を捕捉するための代表的なトランスデューサである、電荷結合素子（CCD）アレイの光周波数応答曲線90も示されている。このような素子は一般に、赤色、緑色、青色および赤外線画像を捕捉するため、図2のカメラ42に備えられている。そのようなアレイの感度は赤外線スペクトルにまで延び、事実、カラー画像から見えない赤外線を取り除く必要がしばしばあるので、赤外線を「見る」ことは電子的にはまったく問題が

ないことがスペクトル90からはっきり理解されるであろう。応答曲線90に示されるように、そのようなCCDセンサは可視光よりも赤外線に対して感度が高いことが多いので、その放射輝度の大部分を赤外線の形で発生する白熱型ランプ42でフレーム10を照明するとき、図1の所望の赤外線画像20を得るために使用するのに適している。

【0044】ランプ42としてもっぱら冷光源を使用する場合、または、例えば単体チップのカラーCCDアレイにおけるように、赤外線吸収フィルタがカメラ42の光センサに機械的に組み込まれている場合は、図2のシステムを実施する際に問題が生じる可能性がある。光学的には、そのようなCCDセンサは赤外部で一層多くの光パイプが可能であり、画像を軟化させ、さらに可視鮮鋭度に再び正規化するために、高い空間周波数のソフトウェア・ブーストを多分必要とする。カメラ42に付随するレンズも赤外部では焦点が異なる。この問題はアポクロマートを使うと最小になり、また単にわずかに焦点を合わせ直すと除去でき、この焦点の合わせ直しは入出力線44に対するコンピュータ制御によって自動的に行なうことも可能である。横方向の色歪みも非対象レンズで起こる可能性のある問題であるが、ソフトウェア・マイクロサイジングにより、または対称レンズの使用により解決することができる。このようなレンズ焦点の問題は、可視スペクトルの100ナノメートルの範囲内では無視できるほど小さいことが実際にわかった。さらに、図5を参照すると、代表的スペクトル94等の通常の青色／黄色染料スペクトル、および参照番号96で示すスペクトル等の緑色／マゼンタ・スペクトルは赤外領域では吸収されないことが気づかれよう。

【0045】赤外線レコードが望ましくない欠陥16の位置に関連するデータだけを含むことが本発明の原理であることを想起されたい。これらの欠陥16は、その実質的に平坦な透過率曲線92が可視領域内にまで延びるため、感知可能な欠陥をそれぞれ青色、緑色および赤色画像中に暗い領域として出現させるであろう。しかし、これらの欠陥の位置および暗さをマップする赤外線レコードが存在するので、この赤外線マップにおける情報を使って、青色、緑色および赤色画像に現れる欠陥を相殺することができる。図5を提示する1つの目的は、非線形領域では、これらの欠陥を補償するために、本発明の実用システムは、染料およびセンサ応答、光学系におけるこれらの非線形性および不規則性を考慮しなければならないことを示すことである。したがって、赤外線レコードを捕捉するための波長を選ぶことは、上記から理解できるように、それ自体1つの妥協である。可視スペクトルの余りにも近くで切ると、シアン染料レコードからの過大なクロスオーバーにより分離上問題が生じる。一方、赤外部のはるか内側で切った場合は、上述の光学的問題が一層ひどくなる。したがって、750ナノメートル

よりも下の低域フィルタがすぐれた解決策であることが実際にわかった。青色センサは、検知することが想定される黄色レコードの他に、マゼンタおよびシアン・レコードの一部を検知する。同様に、赤外線センサは、検知することが想定される「塵」レコードの他に、シアン・レコードの一部を検知する。

【0046】4つのセンサ変数から、「純粋な」画像に関連する「純粋な」元の赤色、緑色および青色レコードを見つけ、さらに全ての画像情報を含まない塵レコードを得ることがもちろん望ましい。代数用語では、このことは4つの変数と4つの未知数を示唆する。上述のように、本発明のシステムを実施する際に非線形性が存在するが、一実施例では、図6に示すように、所定の 4×4 マトリックスを用いたもっと簡単な線形代数を適用することによっても、満足できる分離を実際実現することができる。

【0047】図6をさらに詳細に参照すると、この図の目的は、非線形性および実世界に関する上記の考察に基づけば、赤色、緑色および赤外線レコードが得られた後、使用される特定のシステムと所望の結果によって決定される形で、赤外線レコードをそれぞれ赤色、緑色および青色レコードに相関させる際に、画像処理は幾つか

の形を取ることが可能である。具体的には、本発明は、最も簡単な形の線形代数マトリックスの手法を認めるが、他の処理ルーチンも考慮に入れたものである。

【0048】図6をさらに詳細に参照すると、フレーム10に関連する各画素位置に関する個々の画素の値を、図2のシステム、具体的にはマイクロプロセッサ56によって処理することが好ましい。特定の画素に関連する赤色、緑色、青色および赤外線の値102~108はそれぞれ、一実施例では、ブロック110で示すようにその立方根が得られ、それらの結果が線形変換112により処理される。線形変換112を使用する理由は、コンピュータ上で計算を一層速く行えるように、マトリックス代数を簡単にするためである。一実施例では、係数113は、灰色等、選択された基準の近くで4色全てに独立性を与えるため、線形代数の方法を使って選択する。変換112の結果として得られた出力は次に、ボックス114で示すように3乗され、それぞれ赤色、緑色、青色および赤外値116~122を与える。これらの3乗値116~122が得られた後、そのマトリックスが適用された立方根定義領域から変換するため、除算機能124で示すように、問題の特定の画素に関する欠陥または塵レコード122に関する結果を使って、赤色、緑色および青色レコード中の欠陥の影響を減少または分離することができる。次にこれらの値は、補間機能126がない場合は、R、G、B値130~134として直接出力される。

【0049】図4に示すように、赤外レコード122中の所与の画素に関する値を、閾値機能128で示すようにテストし、それが許容される回復の閾値よりも低いことがわかった場合は、その画素が不明瞭であることを意味し、隣接画素の値に基づいて赤色、緑色および青色画素の値を調節するために、除算機能124の代りに適当な補間ルーチン126を活動化し、それによって、正しい赤色、緑色および青色画素値130~134を得る。補間ルーチン126は、部分的に遮断されているが完全には遮断されていない、欠陥の縁部領域を評価に使用するため、除算機能124から出力を受け取る。この点については、後で図7および図9を参照してさらに詳細に考察する。

【0050】線形マトリックス113による分離は、計算を大幅に単純化するうまい方法である。しかし、線形性に関してそのような前提を立てると、色領域で誤差が生じる。こうした誤差は、選択された非線形性の定義域でマトリックス乗算を適用することにより、些細な程度にまで減少させることができる。この線形性を選択する際、幾つかの場合が考えられる。第1に、染料が完全な方形のスペクトル応答を有する、すなわち染料がある波長を完全に透過し、他の波長の光の一部を波長と無関係に吸収すると仮定される場合がある。この場合は、さらに、カメラ42の各カラー・センサが、一般に実世界ではそうであるように、ある広範囲の波長をカバーする応答を有すると仮定することができる。上述したような場合は、マトリックス112が線形の形であるため、線形定義域で適用したとき、欠陥の影響が完全に分離される。

【0051】しかし、非線形性を考慮に入れるようにモデル化するもう1つの場合は、実際にはより一般的であるが、場合によっては染料の吸収が波長に応じて変化すると仮定できる。ある場合には、さらに、例えば、図2の走査システムが4つのカラー・レーザを光源として使用した場合にそうであるように、カラー・センサが、1つの波長に対してのみ感受性をもつと仮定することができる。この後者の場合は、線形マトリックス112は、対数領域で適用するとき、完全な分離をもたらす。

【0052】染料の感度が波長に応じて変化し、センサがある広範囲の波長をカバーするという、もう1つの場合も考えられる。線形マトリックス112は完全な分離はできないが、それにもかかわらず、線形と対数の間の定義で適用する場合は、欠陥16の影響の實質上完全な分離を実現するよう十分に機能することができる。この好ましい実施例では、図6に示す立方根定義域を使用するが、これは非常に有効であると思われる。

【0053】赤外線レコードまたは「塵」レコードは、最も典型的に第1の場合に当てはまるほど波長を非常に均一に吸収するので、対数定義域における線形減算によってカラー・レコードから最もよく分離される。これは

正に線形定義域での除算であり、したがって図6で除算ブロック124に示される。したがって、染料レコードを立方根定義域で塵レコードから差し引き、次に塵レコードを線形定義域で染料レコードから分離する。前述したように塵/かき傷吸収92の傾斜が可変拡散で補償されない場合は、欠陥の影響は赤色画像よりも青色画像でわずかに大きくなるであろう。これを補償するため、赤色、緑色および青色画像を分離する前に、塵画素値122を「ガンマ」乗することができる。一般に、最適「ガンマ」は赤色の場合は1.03、緑色の場合は1.06、青色の場合は1.1である。

【0054】しかし、塵レコードが、ブロック128で示す所定の閾値を下回るときは、除算の代りに補間を用いることができる。実際にはピラミッド補間で小さな欠陥が見えなくなるまで除去できることがわかった。一方、大きな欠陥は、フラクタル・ジェネレータ等、欠陥の組織ならびに密度を複製するアルゴリズムによってマスクすることができる。しかし、そのような手法の使用が望ましいのは非常に大きな欠陥の場合だけであろう。

【0055】次に図7ないし図9を参照すると、これらの図は、従来技術を用いた画像の品質改善の結果と本発明の結果を比較して示すものである。これらの図では、同じ所望の画像136が記憶されている。1枚のフィルム139は、所望の画像136の一部を不明瞭にする欠陥138を含む。欠陥138は、通常は画像面の外のフィルム表面上にある欠陥のぶれまたは欠陥自体のぼやけた縁部によって生じ、画像136の一部分のみを不明瞭にする領域142から成り、画像136を完全に見えなくする中心領域144を含むこともある。

【0056】従来技術では、通常そのような欠陥138を除去するには、まず検出した後、欠陥をマスクするため、隣接画像の情報に基づいて、欠陥として検出された領域で補間を行う。従来技術の補正を試みる2つの方法の結果を図8に示す。図8の左側部分に示した第1の方法では、観察者がエアブラシを持って欠陥138に向かい、例えば、図8の円板146の形をした欠陥領域を識別する。後で手動または自動で塗りつぶして補正を行うため、そのような方法で欠陥138の領域146を識別するこの手法の明らかな問題点は、欠陥138だけでなく所望の画像136の一部をもマスクするので、その後の補間で欠陥と共に所望画像136の大部分を除去してしまうことである。

【0057】もう1つの従来技術の方法では、欠陥138によって部分的に覆い隠された実際の境界および領域は、例えばアルゴリズムによって自動的に検出され、または画像の拡大投影図で注意深く欠陥の輪郭を描くことによって検出され、または通常の技術で、拡大した画像に注意深くブラシを当てることによって検出される。しかし、そのような手法は重大な欠点を有する。すなわち、図8の右側部分を参照すると、領域148の面積

は、アルゴリズムによってまたは手動で補正される円板146の面積よりも小さいが（したがって、所望画像136の失われる部分が少なくなる）、それにもかかわらず、欠陥をマスクする際に依然として所望画像136の相当な部分が失われるので、所望画像136の復元は不完全である。

【0058】最後に、本発明に関連して、赤外線フィルムをマップすることの1つの大きな利点は、欠陥の正確な位置および境界のマップである赤外線レコードが得られることである。したがって、図9で、赤外線マップを用いると、画像を部分的にのみ隠す欠陥138の外側部分142（図7）は、本特許で教示される赤外線分割によって復元することができ、画像を完全に隠す部分150のみが残る。したがって、部分的に隠された領域142は正確に完全復元され、上記アルゴリズムによる塗りつぶしが必要な、完全に隠された中心領域150のみが残る。この後者の領域150は小さいので、画像の細部はほとんど失われない。したがって、より小さな中心部に関する画像補間は一層正確となり得る。なぜならば、画像は、補間しなければならない領域に近接すること

とがわかっているからである。

【0059】本発明の他の態様を示すことができる。第1に、未使用のフィルムでも表面が波状を呈したり、気泡を内包することがあることがわかったが、これらは捕捉された画像中でははっきりと目に見える欠陥や人工物を直ちに生じないとはいえ、「欠陥のない」フィルムに目に見える粒状物をもたらす一因となる。本明細書に記載した発明を適用することにより、そのようなフィルムでさえ、目に見える粒状物を減少させることができることがわかった。発色性白黒フィルムを含む実質的に全ての染料をベースとするフィルムで、本発明の利点を得ることができることがわかった。さらに、本明細書に記載した実施例では、捕捉された順次画像は、本発明の方法における後続処理の便宜上、部分的にデジタル化してあったが、本発明はそれだけに限定されるものではなく、アナログ領域での適用をも企図している。

【0060】欠陥が表面よりもむしろ媒体内で発生する特定の応用例の一例として、透過光を使用した印画の走査について考えてみる。透過光で見たとき、表面ノイズを通して反射光によって検出するには暗すぎる陰の細部がはっきりと目に見える。従来技術では、そのような透過走査は繊維ベースのランダム粒子のために実用にならなかったが、本発明を用いると、ベース中の紙繊維を他の非染料欠陥と共に画像から効果的に除去することができ、現在の技術で可能であるよりも広い輝度範囲を印画から捕捉する、よりすぐれた方法が提供される。したがって、本発明では、「フィルム」は、その上に画像が置かれる任意の透過表面と見なす。

【0061】透過光の使用のみに制限されてはいない。反射赤外光の下で見たとき、印画は白く見え、塵、かき

傷およびその他の表面欠陥がはっきり見える。欠陥を画像の細部から明確に区別し、これらの既知の欠陥を可視画像にマップすることにより、欠陥の可視的影響を取り除くことができる。

【0062】さらに、例えば、入射光が光源42から出て、選択された各フィルタ40を通り、さらにフィルム12のフレーム10を通過してカメラ42またはその他のセンサに達するほぼ同じ光路を用いることにより、赤色、緑色、青色および赤外線レコードが全て捕捉されるようにすることによって、本発明の利点を得られる。このようにして、赤色、緑色、青色および赤外線画像がそれぞれ位置合せされ、これらの各レコードの画素を、フレーム10上の同じ位置から出る光に相関させるのが容易になり、その結果、それらの画像の一層効率的な処理が可能になることが保証されるであろう。

【0063】本明細書に記載した実施例では、種々のスペクトルの光がフィルム12を通過して、その反対側で集められる。しかし、本発明は、欠陥の補正が必要とされる媒体を通過した光エネルギーを集めることに限定されるものではない。したがって、本発明は、例えば、カメラ42等のセンサが、媒体に関して、媒体12を照明するための光源と同じ側にあり、赤色、緑色、青色および赤外線画像が媒体12の表面からの反射から捕捉される応用例にも適用できる。そのような場合、センサまたはカメラ42は、図2のシステムの場合と同様に、媒体12および光源42と同軸で位置合せされず、むしろ光源の一方の側にずれていることがある。それにもかかわらず、レーザ照明、ガス放電、LED（発光ダイオード）、または前述のカラー・フィルタ等によって様々な光周波数で媒体12を照明して、赤色、緑色、青色および赤外線画像が、そのような画像の各グループに対するほぼ同じ光路に沿って進む光によって集められるようにすることが、依然として望ましい。その理由は、前述したように、画像の位置合せ、欠陥屈折、および媒体12上の特定の位置に関連する対応する赤色、緑色、青色および赤外線画像の赤色、緑色、青色および赤外線画素の後続処理を容易にするためである。

【0064】好ましい実施例では、赤色、緑色、青色および赤外線順次捕捉を記載した。通常の3色カメラの技術を4色に拡張することにより、全ての色を含む白色光を使って4つの画像を同時に得ることができることは明らかなはずである。一例として、フィルタを線の上に設けて赤色、緑色、青色および赤外線を別々に通すようにした4線式CCDセンサや、2色ミラーを使って赤色、緑色、青色および赤外線画像を4個のチップ上で別々に分離する4チップ・カメラの使用がある。

【0065】欠陥のない画像を回復するために使用されるどの要素も、アナログ回路で、またはデジタル・ハードウェアとアナログ・デジタル変換器を使用することにより、さらにはコンピュータもしくはデジタル信

号プロセッサ(DSP)上で実行されるソフトウェアで実施することができる。さらに、赤色、緑色、青色および赤外線画像の捕捉や、結果の処理等の幾つかの要素は、順次行うことも並列に行うこともできる。この考察では、処理のため画像をコンピュータ・メモリに順次捕捉するものと仮定したが、分野によっては他の構成が好ましい。例えば、フィルム・ビデオ転写では、4番目の赤外線センサを有するカラー・カメラで赤色、緑色、青色および赤外線信号をアナログ回路に出力し、アナログ回路で赤色、緑色および青色を赤外線によって実質的に分割し、かき傷、塵、カビ、指紋、透過形継ぎ目、その他の欠陥を実時間で取り除くことが可能になる。HDTVの出現と共に、全ての塵および細かいかき傷の除去が、現在よりもはるかに重要になるであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】結果として得られる合成画像における欠陥の影響を減少させるための、欠陥を有するフィルム上の対象物の異なるスペクトルによる画像の分離および再結合を示す説明図である。

【図2】本発明を実施するための代表的なシステムの概略図である。

【図3】図2のシステムの一部の機能ブロックダイアグラムである。

【図4】本発明による図2のシステムの動作順序を示す流れ図である。

【図5】記録媒体欠陥の特性、媒体から画像を捕捉するための典型的なアレイ、および染料をベースとするフィルムの形の記録媒体に関連する種々の染料の特性を含む、本発明の諸態様と関連する種々の周波数応答特性を示すグラフである。

*【図6】図4の流れ図の一部を含む、図2のシステムによって実行される画像処理ステップの概略図である。

【図7】下にある画像を覆い隠す欠陥を含む、1枚のフィルムの概略図である。

【図8】記録媒体欠陥によって引き起こされる影響を有する画像を補正するための従来技術の2つの方法の結果を示す、図7のフィルムのもう1つの図である。

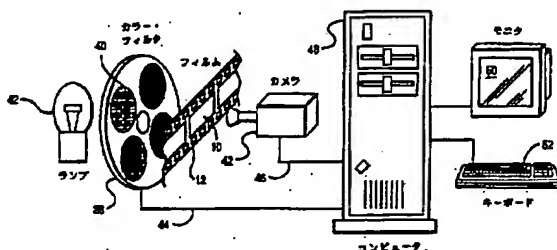
【図9】図7の画像を図示されている欠陥について補正する際の本発明の結果を示す、図7のフィルムのもう1つの図である。

【符号の説明】

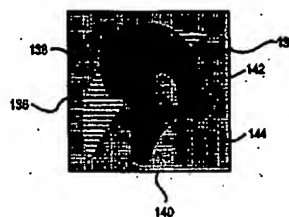
10 フレーム
12 透明陽画
14 画像
16 欠陥
18 プリズム
20 赤外線画像
22 赤色画像
24 緑色画像
26 青色画像

38 カラー・ホイール
40 カラー・フィルタ
42 ランプ
48 コンピュータ
50 カラー・モニタ
52 キーボード
54 システムバス
56 マイクロプロセッサ
58 プログラム
60 入出力アダプタ

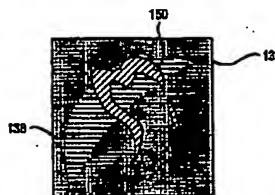
【図2】



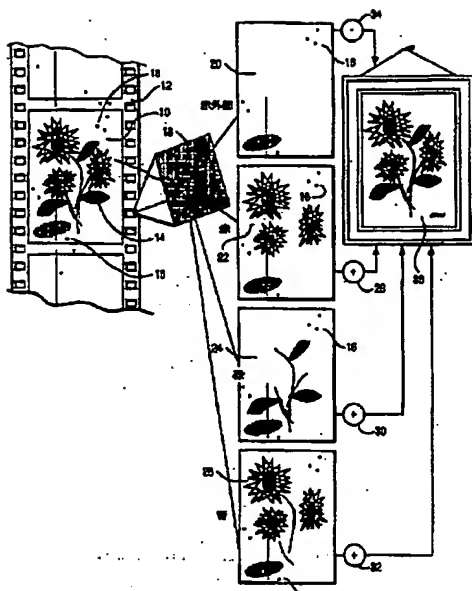
【図7】



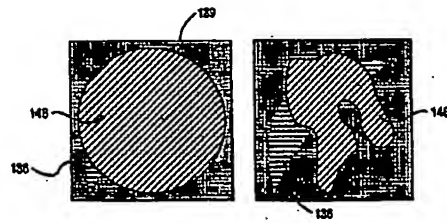
【図9】



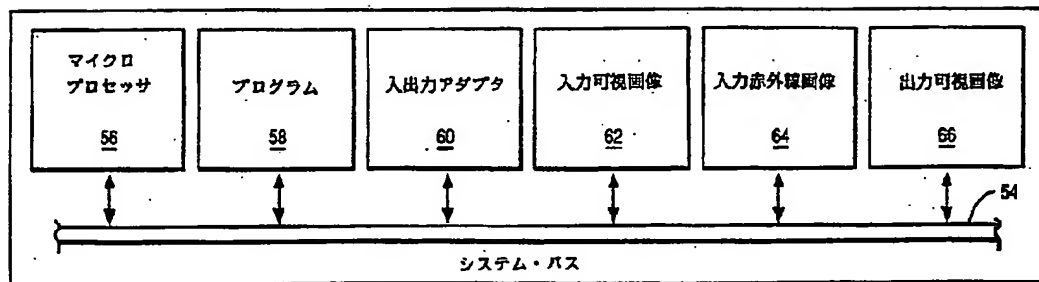
【図1】



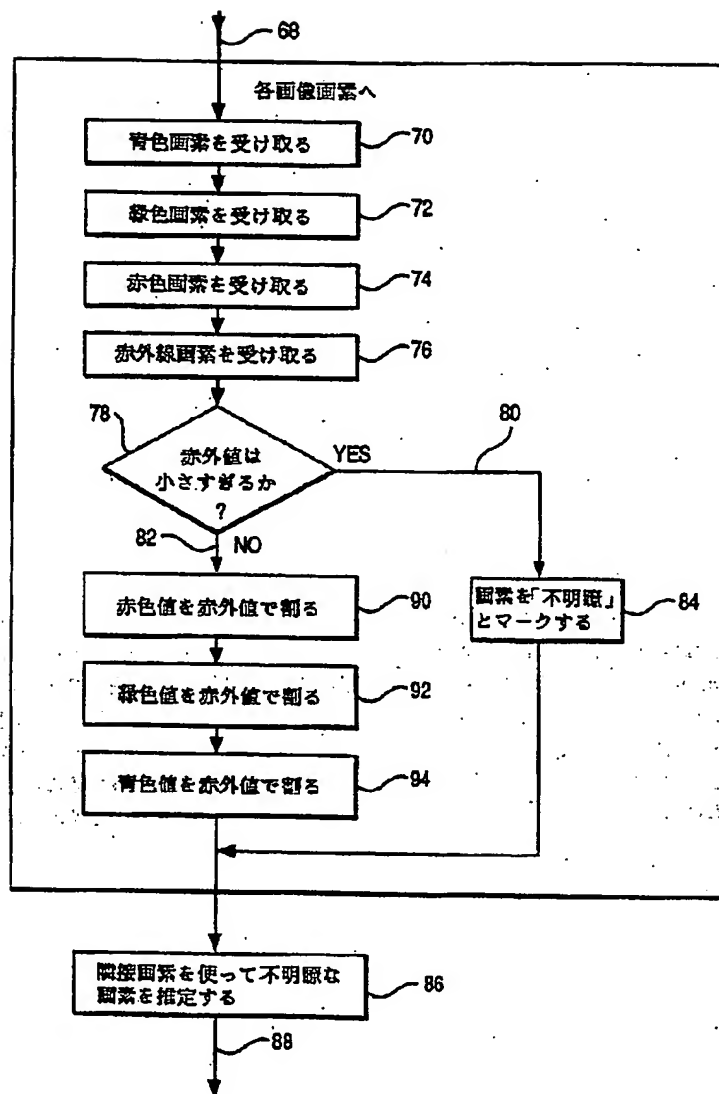
【図8】



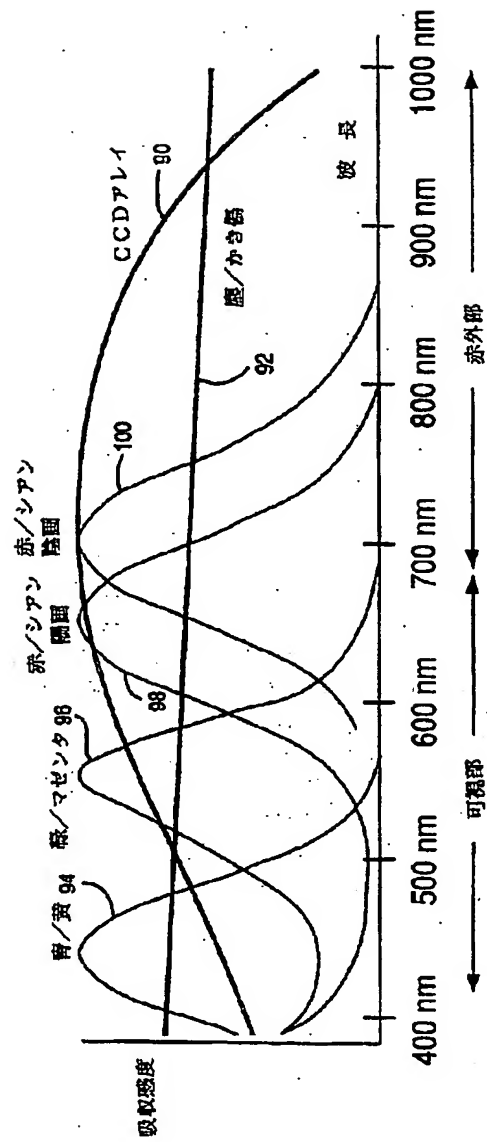
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

